

PROGRAMA DE ASIGNATURA

ASIGNATURA: Evolución de estrellas masivas	AÑO: 2012
CARÁCTER: Especialidad	
CARRERA: Licenciatura en Astronomía	
RÉGIMEN: Cuatrimestral	CARGA HORARIA: 120 hs
UBICACIÓN EN LA CARRERA: 4. ^{to} o 5. ^{to} año	

FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS

Las estrellas masivas están entre los objetos más brillantes de las galaxias; producen poderosos vientos estelares y terminan sus vidas con explosiones de supernova. Son los sitios donde se lleva a cabo la nucleosíntesis de muchos de los elementos pesados; su presencia y evolución tienen profunda influencia en la formación de las siguientes generaciones de estrellas; presentan una variedad de problemas sin resolver de física básica y de la teoría de la evolución estelar. Aunque sólo incluyen a menos del 10% de todas las estrellas, juegan un rol extremadamente importante en las vidas de las galaxias.

Este curso intenta proveer al estudiante de los conocimientos básicos en esta importante área de la astrofísica estelar, tanto en sus aspectos teóricos como observacionales, con particular énfasis en desarrollos recientes. Está pensado como complemento, aunque es independiente, de nuestro otro curso sobre evolución de estrellas de masa baja e intermedia, ya dictado en varias oportunidades.

CONTENIDOS

Las estrellas masivas en el diagrama de Hertzsprung y Russell. Definición de estrella masiva. Importancia de las mismas e incidencia de la pérdida de masa en su evolución. El límite empírico de luminosidades: la frontera de Humphreys-Davidson. La importancia de la presión de radiación. El límite de Eddington. Influencia de la rotación y de los movimientos turbulentos. Valor efectivo de la aceleración de la gravedad.

Principales características observacionales generales de las estrellas masivas. Clasificación espectral y de luminosidad. Magnitudes absolutas, masas, radios, campos magnéticos, velocidades turbulentas, rotación. Signos espectroscópicos de los vientos estelares y de las cáscaras circunestelares: el perfil P-Cygni y el perfil de doble pico. La completitud de los catálogos de estrellas luminosas.

Las estrellas Wolf-Rayet. Características de los tipos WN, WC y WO. Masas, luminosidades, vientos. Presencia relativa de los distintos tipos en la Vía Láctea, las Nubes de Magallanes y galaxias cercanas. Incidencia de la metalicidad. El modelo de Conti para interpretar las Wolf-Rayet.

Las Variables Luminosas Azules (LBV). Introducción histórica: P Cygni, η Carinae, S Doradus y las variables de Hubble-Sandage. Luminosidades. Variabilidad: las erupciones gigantes y pequeñas. Evolución de los espectros. Tasas de pérdida de masa. Características del material eyectado. Posición en el diagrama HR. Posibles causas del fenómeno LBV. El caso de η Carinae: posición en la Galaxia e historia observacional; descripción de su aspecto y estado físico actual: el “*homúnculus*”, los lóbulos, el disco ecuatorial y la estrella central.

Otros tipos de estrellas luminosas. Las estrellas Of. Estrellas Oe y Be; modelos. Estrellas CNO. Hipergigantes. Supergigantes G y K. Estrellas ζ Aurigae. Supergigantes frías; las Miras.

Vientos estelares. Su manifestación en los espectros. Importancia en la evolución de las estrellas masivas. Parámetros globales: la tasa de pérdida de masa (\dot{M}) y la velocidad terminal (v_∞). Relación con los parámetros estelares. Introducción a la teoría de los vientos estelares impulsados por la presión de radiación en las líneas espectrales. Determinación empírica de los parámetros de los vientos; ejemplos en los diversos tipos de estrellas luminosas. Relación de los vientos con la metalicidad.

Supernovas de colapso. Diferencia entre los tipos Ia, Ibc y II: curvas de luz y energías. Espectros continuos y de línea. El escenario de eventos tipo II. Remanentes.

Formación de las estrellas masivas. Grupos y asociaciones OB. Estrellas OB “fugitivas”. Multiplicidad de las estrellas masivas. La función inicial de masa. La masa máxima de una estrella: ¿física o estadística? La secuencia de eventos de formación estelar: compresión, colapso, acreción y disrupción. Colapso monolítico, acreción competitiva y formación por colisiones de estrellas masivas. Formación secuencial.

Evolución de las estrellas masivas. Modelos de masa constante. *Overshoot* convectivo e inestabilidad semiconvectiva. Inclusión de la pérdida de masa en los modelos. Efectos de la pérdida de masa en la etapa de secuencia principal. La evolución pos-secuencia principal: las principales etapas de quema nuclear. Cambios en las abundancias superficiales. El escenario de Conti de la evolución de estrellas masivas. Evolución de pre-supernova: el núcleo de hierro, importancia de la fotodesintegración, el flujo de neutrinos. El colapso del núcleo, objetos compactos resultantes. Interpretación de las curvas de luz de supernovas tipos Ibc y II. Nucleosíntesis de los elementos pesados, el proceso-*r*. Nuevos tipos de supernovas, posibles progenitores.

BIBLIOGRAFÍA

- Böhm-Vitense, E. 1992, *Introduction to Stellar Astrophysics* (3 vols.), Cambridge University Press
- Boland, W. y van Boerden H. 1985, *Birth and Evolution of Massive Stars and Stellar Groups*, D. Reidel Publishing Co.
- Chiosi, C. y Maeder, A. 1986, *The Evolution of Massive Stars with Mass Loss*, Annual Review of Astronomy & Astrophysics, vol. 24, 329
- Crowther, P. A. 2007, *Physical Properties of Wolf-Rayet Stars*, Annual Review of Astronomy & Astrophysics, vol. 45, 177
- Davidson, K. y Humphreys, R. M. 1997, *Eta Carinae and its Environment*, Annual Review of Astronomy & Astrophysics, vol. 35, 1
- de Jager, C. 1980, *The Brightest Stars*, D. Reidel Publishing Co.
- Humphreys, R. M. y Davidson, K. 1994, *The Luminous Blue Variables: Astrophysical Geysers*, Publications of the Astronomical Society of the Pacific, vol. 106, 1025
- Kudritzki, R.-P. y Puls, J. 2000, *Winds from Hot Stars*, Annual Review of Astronomy & Astrophysics, vol. 38, 613
- Leitherer, C., Walborn, N. R., Heckman, T. M. y Norman, C. A. 1991, *Massive Stars in Starburst*, Cambridge Univ. Press
- Massey, P. 2003, *Massive Stars in the Local Group: Implications for Stellar Evolution and Star Formation*, Annual Review of Astronomy & Astrophysics, vol. 41, 15
- Schwarzschild, M. 1958, *Structure and Evolution of the Stars*, Princeton Univ. Press
- Smartt, S. J. 2009, *Progenitors of Core-Collapse Supernovae*, Annual Review of Astronomy & Astrophysics, vol. 47, 63
- Woosley, S. E. y Weaver, T. A. 1986, *The Physics of Supernova Explosions*, Annual Review of Astronomy & Astrophysics, vol. 24, 205
- Zinnecker, H. y Yorke, H. W. 2007, *Toward Understanding Massive Star Formation*, Annual Review of Astronomy & Astrophysics, vol. 45, 481

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Las clases teóricas serán impartidas procurando una activa interacción con el estudiante; se incluye en dichas clases la resolución de un número de ejercicios pensados para profundizar los desarrollos teóricos o para ilustrar numéricamente algunos de los conceptos presentados.

Paralelamente a las clases, cada alumno tendrá asignado un tema de investigación relacionado con los contenidos de la materia. Los conceptos aprendidos en las clases teóricas serán aplicados para el desarrollo del tema asignado. Una vez finalizado el trabajo propuesto, cada alumno hará una exposición oral del mismo, como requerimiento previo al examen.

EVALUACIÓN**FORMAS DE EVALUACIÓN**

- Examen oral individual frente al tribunal designado. La aprobación requiere una calificación mayor o igual a 4.

CONDICIONES PARA OBTENER LA REGULARIDAD Y PROMOCIÓN

- Asistencia al 70 % de las clases teóricas. Presentación oral de un trabajo integrado que, además de los conceptos desarrollados en la materia, requiera del análisis y discusión de investigaciones recientes en el tema. El trabajo será desarrollado en forma gradual y supervisado durante el transcurso de la materia.

CORRELATIVIDADES

- Para cursar: *Astronomía General II* (aprobada) – *Astrofísica General* (regularizada).
- Para rendir: *Astrofísica General* (aprobada).